



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift DE 199 07 633 A 1

② Aktenzeichen: 199 07 633.2  
③ Anmeldetag: 23. 2. 99  
④ Offenlegungstag: 14. 10. 99

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 62 D 37/00  
B 60 K 26/00  
B 60 K 28/10  
B 60 K 41/20  
B 60 T 7/12  
B 60 T 8/00

DE 199 07 633 A 1

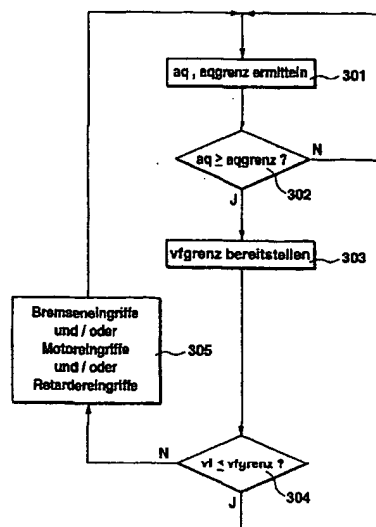
⑥ Innere Priorität:  
198 15 497. 6 07. 04. 98  
⑦ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑧ Erfinder:  
Wetzel, Gabriel, 70435 Stuttgart, DE; Faye, Ian,  
70192 Stuttgart, DE; Leimbach, Klaus-Dieter, Dr.,  
71696 Möglingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

## ⑨ Verfahren und Vorrichtung zur Stabilisierung eines Fahrzeuges

⑩ Das erfindungsgemäße Verfahren betrifft ein Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeuges, vorzugsweise zur Vermeidung des Umklippens eines Fahrzeuges um eine in Längsrichtung des Fahrzeuges orientierte Fahrzeugachse. Hierzu wird eine die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe ermittelt. Diese Größe wird mit wenigstens einem charakteristischen Wert, insbesondere einem Schwellenwert, für diese Größe verglichen. Für den Fall, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe größer als der oder gleich dem charakteristischen Wert ist, wird die Geschwindigkeit des Fahrzeuges wenigstens durch Bremseneingriffe an wenigstens einem Rad und/oder durch Motoreingriffe und/oder durch Retardereingriffe auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert reduziert oder auf einem vorgebbaren Geschwindigkeitswert gehalten.



DE 199 07 633 A 1

# DE 199 07 633 A 1

## Beschreibung

### Stand der Technik

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Stabilisierung eines Fahrzeuges. Solche Verfahren und Vorrichtungen sind aus dem Stand der Technik in vielerlei Modifikationen bekannt.

Aus der DE-OS 19 02 944 ist eine Einrichtung zum Verhindern des Schleuderns von Fahrzeugen bekannt. Die Einrichtung enthält Meßinstrumente zur Erfassung des augenblicklichen Fahrzeugzustandes, die mit einem, auf bestimmte Grenzwerte des Fahrzeuges ansprechenden Steuergerät verbunden sind. Die Einrichtung enthält ferner einschaltbare Mittel für die selbständige Steuerung wenigstens einer zur Spurhaltung des Fahrzeuges dienenden Einrichtung, die bei Erreichen eines vorbestimmten Grenzwertes für die Querbeschleunigung durch das Steuergerät ausgelöst werden. Wird bei einer Fahrzeugauslegung eine maximal mögliche Querbeschleunigung festgestellt, so ist das Programm für das Steuergerät auf einen kleineren Wert eingestellt. Dies bedeutet, daß bereits unterhalb des kritischen Schwellenwertes, d. h. vor einem überzogenen Fahrzeugzustand, unabhängig von der Reaktion des Fahrers, die Bremsen betätigt und das Leistungsregelglied der Maschine auf geringere Fahrleistung zurückgenommen wird.

15 Aus der DE 35 45 715 A1 ist eine Einrichtung zur Vortriebsregelung an Kraftfahrzeugen im Sinne der Einhaltung stabiler Fahrzeugzustände bekannt. Diese Einrichtung enthält eine Recheneinheit zur Bestimmung eines Sollwertes bzw. eines Toleranzbereiches für die Drehzahldifferenz der Vorderräder oder der Querbeschleunigung oder der Giergeschwindigkeit und eine Vergleichseinheit, in welcher dieser Sollwert bzw. Toleranzbereich mit dem gemessenen Istwert verglichen wird. Die Differenz zwischen Istwert und Sollwert bzw. Toleranzbereich dient als Steuersignal für die Bremsen der Räder und/oder für ein Leistungsstellglied des Fahrzeugmotors.

Bei den vorstehend beschriebenen, zum Stand der Technik gehörenden Einrichtungen werden in Abhängigkeit eines Vergleiches zwischen einem Istwert einer die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe und einem zugehörigen Grenzwert die Bremsen der Räder und/oder ein Leistungsstellglied für den Motor so angesteuert, daß das Fahrzeug aufgrund der Reduzierung der Fahrzeuggeschwindigkeit stabilisiert wird. Die sich aufgrund der Eingriffe in die Bremsen bzw. in den Motor ergebende Fahrzeuggeschwindigkeit ist hierbei nicht vorgegeben.

20 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, bestehende Vorrichtungen bzw. Verfahren zur Stabilisierung von Fahrzeugen dahingehend zu verbessern, daß für den Fall, bei dem eine die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe größer als ein oder gleich einem charakteristischen Wert für die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe ist, ausgehend von der Fahrzeuggeschwindigkeit ein definierter Zustand für das Fahrzeug eingestellt wird. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 bzw. durch die des Anspruchs 12 gelöst.

### Vorteile der Erfindung

35 Das erfindungsgemäße Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeuges wird insbesondere zur Vermeidung des Umklappens eines Fahrzeuges um eine in Längsrichtung des Fahrzeuges orientierte Fahrzeugachse eingesetzt. Hierzu wird eine die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe ermittelt, die mit wenigstens einem charakteristischen Wert, insbesondere einem Schwellenwert, für die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe verglichen wird. Für den Fall, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe größer als der oder gleich dem charakteristischen Wert ist, werden wenigstens Bremseneingriffe an wenigstens einem Rad und/oder Motoreingriffe und/oder Retardereingriffe durchgeführt. Diese Bremseneingriffe und/oder Motoreingriffe und/oder Retardereingriffe werden dabei vorteilhafterweise so durchgeführt, daß die Geschwindigkeit des Fahrzeuges auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert reduziert oder auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert gehalten wird.

40 Dadurch daß durch die Bremseneingriffe und/oder durch die Motoreingriffe und/oder durch die Retardereingriffe die Geschwindigkeit des Fahrzeuges auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert reduziert oder auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert gehalten wird, wird für das Fahrzeug in querdynamisch kritischen Situationen ein definierter Zustand eingestellt. Dieser definierte Zustand kann beispielsweise einer Kurvenfahrt mit maximal möglicher Kurvengeschwindigkeit entsprechen. In diesem Fall entspricht der vorgebbare Geschwindigkeitswert der maximal möglichen Kurvengeschwindigkeit.

50 Nachfolgend wird die Geschwindigkeit des Fahrzeuges als Fahrzeuggeschwindigkeit bezeichnet. An dieser Stelle sei noch bemerkt, wie die Formulierung "eine in Längsrichtung des Fahrzeuges orientierte Fahrzeugachse" zu verstehen ist: Zum einen kann es sich bei der Fahrzeugachse, um die eine Kippneigung des Fahrzeuges auftritt, um die eigentliche Fahrzeuglängsachse handeln. Zum anderen kann es sich um eine Fahrzeugachse handeln, die um einen gewissen Winkel gegenüber der eigentlichen Fahrzeuglängsachse verdreht ist. Dabei ist es unerheblich, ob die verdrehte Fahrzeugachse durch den Schwerpunkt des Fahrzeuges geht oder nicht. Der Fall der verdrehten Fahrzeugachse soll auch solch eine Orientierung der Fahrzeugachse zulassen, bei der die Fahrzeugachse entweder einer Diagonalachse des Fahrzeuges oder einer dieser parallelen Achse entspricht.

Für den charakteristischen Wert wird vorteilhafterweise der Wert der die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe verwendet, der für das Fahrzeug zulässig ist, ohne daß das Fahrzeug bei Erreichen dieses Wertes instabil wird. Unter instabil werden hiermit beginnendes Schleudern bzw. Kippen des Fahrzeuges verstanden.

60 Der charakteristische Wert ist entweder ein fest vorgegebener Wert oder ein für den jeweiligen Fahrzeugzustand des Fahrzeuges ermittelter Wert. Der fest vorgegebene Wert wird beispielsweise im Vorfeld durch Fahrversuche und dem sich dabei ergebenden Fahrzeugverhalten, und unterstützt durch Simulationen, ermittelt. Bei diesem charakteristischen Wert ist davon auszugehen, daß sich das Fahrzeug in entsprechenden Betriebszuständen, in denen dieser Wert erreicht wird, stabil verhält. Oder der charakteristische Wert wird für den jeweiligen Fahrzeugzustand des Fahrzeuges ermittelt. D.h. der charakteristische Wert wird während des Fahrbetriebes des Fahrzeuges ausgehend von für diesen Fahrbetrieb ermittelten Größen ermittelt.

Vorteilhafterweise wird der charakteristische Wert wenigstens in Abhängigkeit einer die Radlast wenigstens eines Ra-

des beschreibenden Größe ermittelt. Als die die Radlast des wenigstens einen Rades beschreibende Größe wird vorteilhafterweise eine die Aufstandskraft des jeweiligen Rades beschreibende Größe verwendet. Diese Größe ist für gewöhnlich in Schlupfregelsystemen verfügbar.

Zur Ermittlung des charakteristischen Wertes bieten sich zwei Alternativen an. Zum einen wird der charakteristische Wert in Abhängigkeit der Radlast wenigstens eines kurveninneren Rades und der die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe ermittelt. Wird, wie bereits erwähnt, als die die Radlast beschreibende Größe die Aufstandskraft des jeweiligen Rades verwendet, so wird zur Ermittlung des charakteristischen Wertes ein linearer Zusammenhang zwischen der die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe und der Aufstandskraft approximiert. Der charakteristische Wert ergibt sich dann durch Interpolation, d. h. der charakteristische Wert entspricht dem Wert der die Querdynamik beschreibenden Größe, bei dem die Aufstandskraft Null wird.

Diese Vorgehensweise nutzt aus, daß sich in querdynamisch kritischen Situationen die Instabilität eines Fahrzeuges zuerst im Radverhalten bemerkbar macht. D. h. man erhält durch diese Art der Ermittlung rechtzeitig ein präzises Maß für die in der entsprechenden Situation maximal zulässige Querdynamik des Fahrzeuges. Da sich in querdynamisch kritischen Situationen eine drohende Instabilität zuerst an den kurveninneren Rädern des Fahrzeuges zeigt, wird der charakteristische Wert vorteilhafterweise in Abhängigkeit einer die Radlast eines kurveninneren Rades beschreibenden Größe ermittelt.

Bei der zweiten Alternative wird in Abhängigkeit der die Radlasten beschreibenden Größen eine die Masse des Fahrzeuges beschreibende Größe ermittelt. Der charakteristische Wert wird dann mit Hilfe der die Masse des Fahrzeuges beschreibenden Größe aus einem Kennfeld ausgelesen. Die einzelnen Werte des Kennfeldes lassen sich ebenfalls im Vorfeld durch Fahrversuche, unterstützt von Simulationen, ermitteln. Die Fahrzeugmasse wird deshalb als Parameter verwendet, da die Fahrzeugmasse die Schwerpunkthöhe des Fahrzeuges beeinflusst, die wiederum das Kippverhalten des Fahrzeuges und somit die maximal zulässige Querbeschleunigung bei einer Kurvenfahrt beeinflusst.

Die beiden zuletzt genannten Vorgehensweisen haben den Vorteil, daß in jeder querdynamisch kritischen Situation – hierbei handelt es sich insbesondere um Kurvenfahrten mit hoher Geschwindigkeit – der jeweils maximal zulässige Wert für die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe vorliegt, und somit das Fahrzeug durch Bremseneingriffe und/oder durch Motoreingriffe und/oder durch Retardereingriffe, der jeweiligen Fahrsituation entsprechend, optimal stabilisiert werden kann.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, hat der charakteristische Wert die Funktion eines Grenzwertes.

Vorteilhafterweise handelt es sich im Rahmen der vorstehend erwähnten gezielten Reduzierung der Fahrzeuggeschwindigkeit bei dem vorgebbaren Geschwindigkeitswert entweder um einen fest vorgegebenen Wert, der beispielsweise in entsprechender Weise, wie der charakteristische Wert für die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe, im Vorfeld durch Fahrversuche und mit Hilfe von Simulationen ermittelt wurde. Oder der vorgebbare Geschwindigkeitswert wird in entsprechender Weise wie der charakteristische Wert mit Hilfe eines Kennfeldes ermittelt. Oder aber der vorgebbare Geschwindigkeitswert wird während des Betriebes des Fahrzeuges wenigstens in Abhängigkeit des charakteristischen Wertes und/oder einer die Gierrate des Fahrzeuges beschreibenden Größe ermittelt. Die beiden letztgenannten Vorgehensweisen haben den Vorteil, daß in jeder querdynamisch kritischen Situation der jeweils maximal zulässige Wert für die Fahrzeuggeschwindigkeit vorliegt, und somit das Fahrzeug durch Bremseneingriffe und/oder durch Motoreingriffe und/oder durch Retardereingriffe, der jeweiligen Fahrsituation entsprechend, optimal stabilisiert werden kann. Außerdem wird auf diese Art und Weise ein Geschwindigkeitswert ermittelt, der in der entsprechenden querdynamisch kritischen Fahrsituation die in dieser Fahrsituation maximal zulässige Fahrzeuggeschwindigkeit darstellt. Daraus ergibt sich der weitere Vorteil, daß das Fahrzeug nicht in unnötigem Maße abgebremst wird. Das Fahrzeug kann mit der maximal möglichen Geschwindigkeit fahren, der Verkehrsfluß bleibt weitestgehend erhalten.

An dieser Stelle sei nochmals zusammengefaßt: Die Reduzierung der Fahrzeuggeschwindigkeit wird durch Beobachtung der Querdynamik des Fahrzeuges eingeleitet. Dabei wird die Geschwindigkeit des Fahrzeuges auf einen Wert reduziert, der durch die Querdynamik des Fahrzeuges bestimmt ist. Dieser Wert wird entweder während des Fahrbetriebes des Fahrzeuges ermittelt oder es handelt sich um einen vorgegebenen Wert. In beiden Fällen können im Vorfeld durchgeführte Fahrversuche bzw. Simulationen zugrunde liegen.

Die Bremseneingriffe und/oder Motoreingriffe und/oder Retardereingriffe werden vorzugsweise solange durchgeführt, wie der vorgebbare Geschwindigkeitswert kleiner als eine die Fahrzeuggeschwindigkeit beschreibende Größe ist.

Als die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe wird vorteilhafterweise eine die Querbeschleunigung des Fahrzeuges beschreibende Größe verwendet. Allerdings wird im erfindungsgemäßen Verfahren die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe nicht direkt mit Hilfe eines entsprechenden Sensormittels gemessen. Sondern sie wird wenigstens in Abhängigkeit einer die Fahrzeuggeschwindigkeit beschreibenden Größe ermittelt. Ferner wird die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe in Abhängigkeit einer die Gierrate des Fahrzeuges beschreibenden Größe ermittelt, wobei die die Gierrate des Fahrzeuges beschreibende Größe wiederum wenigstens in Abhängigkeit der die Fahrzeuggeschwindigkeit beschreibenden Größe und einer den Lenkwinkel des Fahrzeuges beschreibenden Größe ermittelt wird. D. h. letztendlich wird die die Querbeschleunigung des Fahrzeuges beschreibende Größe in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Lenkwinkels ermittelt.

Diese Vorgehensweise bei der Ermittlung der die Querbeschleunigung beschreibenden Größe ist mit einem deutlichen Zeitvorteil, was die Bereitstellung des Signals dieser Größe angeht, verbunden. Dies kann wie folgt erklärt werden: Für gewöhnlich wird eine Kurvenfahrt durch Einstellen eines Lenkwinkels eingeleitet. Aufgrund dieser Kurvenfahrt ergibt sich eine entsprechende Querbeschleunigung. Wird diese sich ergebende Querbeschleunigung mit Hilfe eines Querbeschleunigungssensors erfaßt, so vergeht eine geraume Zeit zwischen Einstellen des Lenkwinkels und Bereitstellen des Querbeschleunigungssignals durch den Querbeschleunigungssensor. Dies ist unter anderem durch die zeitliche Abfolge zwischen Einstellung des Lenkwinkels und dem daraus resultierenden Aufbau der Querbeschleunigung und zum anderen auch durch die Trägheit des Querbeschleunigungssensors bedingt. Aufgrund der vorstehend beschriebenen Vorgehensweise bei der Ermittlung der die Querbeschleunigung beschreibenden Größe wird dieser Zeitversatz weitestgehend eliminiert, d. h. es liegt unmittelbar nach Einstellen des Lenkwinkels der Wert der Querbeschleunigung vor, der sich auf-

grund des Einstellen des Lenkwinkels in dem sich ergebenden stationären Zustand bzw. eingeschwungenen Zustand des Fahrzeuges einstellt. Da die erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren ein Umkippen des Fahrzeuges um eine in Längsrichtung des Fahrzeuges orientierte Fahrzeugachse vermeiden soll, ist die vorstehend beschriebene Vorgehensweise bei der Ermittlung der die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe, d. h. der die Querschleunigung beschreibenden Größe, möglich, da ein Umkippen des Fahrzeuges für üblich bei einer Kurvenfahrt vorkommt, und eine Kurvenfahrt aufgrund eines vom Fahrer des Fahrzeuges vorgegebenen Lenkwinkels durchgeführt wird.

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe und/oder die die Gierrate des Fahrzeuges beschreibende Größe wird vorteilhafterweise mit Hilfe einfacher mathematischer Modelle, die einen stationären Zustand des Fahrzeuges beschreiben, bestimmt. Dadurch ergibt sich der bereits vorstehend beschriebene zeitliche Verlauf.

Durch die vorstehend beschriebenen Bremseneingriffe werden vorteilhafterweise alle Räder des Fahrzeuges gleichmäßig gebremst. Unter gleichmäßig bremsen soll verstanden werden, daß von vornherein nicht bewußt unterschiedliche Bremskräfte eingestellt werden. Alternativ bzw. unterstützend zu diesen Bremseneingriffen wird durch entsprechende Motoreingriffe das vom Motor abgegebene Moment reduziert. Durch diese beiden Eingriffe wird die Fahrzeuggeschwindigkeit reduziert oder auf einem vorgebbaren Geschwindigkeitswert gehalten. Es können auch solche Bremseneingriffe durchgeführt werden, bei denen wenigstens das kurveninnere Hinterrad weniger stark als die übrigen Räder des Fahrzeuges und/oder überhaupt nicht gebremst wird. Bei dieser Art von Bremseneingriffen wird eine temporäre Erhöhung der Giergeschwindigkeit während des Bremseneingriffes und somit ein daraus resultierender instabiler Zustand vermieden. Wird letztere Art von Bremseneingriffen gewählt, so sind vorteilhafterweise an dem kurveninneren Hinterrad alle Stufen zwischen normalen Bremseneingriff und keinem Bremseneingriff möglich. Mit welcher Stufe das kurveninnere Hinterrad gebremst werden soll, kann beispielsweise in Abhängigkeit einer die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe festgelegt werden.

Alternativ zu der bisher beschriebenen Vorgehensweise wird der charakteristische Wert um einen kleinen Wert vermindert. Die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe wird mit dem verminderten charakteristischen Wert verglichen. Für den Fall, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe größer als der verminderte charakteristische Wert ist, wird wenigstens durch Bremseneingriffe an wenigstens einem Rad und/oder durch Motoreingriffe und/oder durch Retardereingriffe, die Geschwindigkeit des Fahrzeuges auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert reduziert. Durch diese Vorgehensweise wird erreicht, daß die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht erst dann reduziert wird, wenn der charakteristische Wert erreicht ist, sondern zeitlich schon etwas früher, nämlich dann, wenn sich das Fahrzeug an den durch den charakteristischen Wert beschriebenen querdynamisch kritischen Fahrzustand annähert.

Weitere Vorteile sowie vorteilhafte Ausgestaltungen können den Unteransprüchen, der Zeichnung und der Beschreibung des Ausführungsbeispiels entnommen werden.

#### Zeichnung

Die Zeichnung besteht aus den Fig. 1 bis 3. Die Fig. 1a und 1b zeigen verschiedene Straßenfahrzeuge, bei denen das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt wird. Fig. 2 zeigt in einer Übersichtsanordnung die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Fig. 3 zeigt mit Hilfe eines Ablaufdiagramms eine Ausführungsform zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Es sei darauf hingewiesen, daß Blöcke mit derselben Bezeichnung in unterschiedlichen Figuren dieselbe Funktion haben.

#### Ausführungsbeispiel

Zunächst soll auf die Fig. 1a und 1b eingegangen werden, die verschiedene Straßenfahrzeuge darstellen, bei denen das erfindungsgemäße Verfahren zum Einsatz kommen kann.

In Fig. 1a ist ein einteiliges Fahrzeug 101 dargestellt. Bei diesem Fahrzeug kann es sich sowohl um einen Personenkraftwagen als auch um einen Nutzkraftwagen handeln. Dieses Fahrzeug soll wenigstens zwei Radachsen aufweisen, was durch die teilweise gestrichelte Darstellung angedeutet ist. Die Radachsen des Fahrzeuges 101 sind mit 103ix bezeichnet. Dabei gibt der Index i an, ob es sich um eine Vorderachse (v) oder um eine Hinterachse (h) handelt. Durch den Index x wird bei Fahrzeugen mit mehr als zwei Achsen angegeben, um welche der Vorder- bzw. Hinterachsen es sich handelt. Dabei gilt folgende Zuordnung: Der Vorderachse bzw. der Hinterachse, die der Fahrzeugberandung am nächsten ist, ist jeweils der Index x mit dem kleinsten Wert zugeordnet. Je weiter die jeweilige Radachse von der Fahrzeugberandung entfernt ist, desto größer ist der Wert des zugehörigen Index x. Den Radachsen 103ix sind die Räder 102ixj zugeordnet. Die Bedeutung der Indizes i bzw. x entspricht der vorstehend beschriebenen. Mit dem Index j wird angezeigt, ob sich das Rad auf der rechten (r) bzw. auf der linken (l) Fahrzeugseite befindet. Bei der Darstellung der Räder 102ixj wurde auf die Unterscheidung zwischen Einzelrädern bzw. Zwillingen verzichtet. Ferner enthält das Fahrzeug 101 ein Steuergerät 104, in welchem die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens implementiert ist.

In Fig. 1b ist eine Fahrzeugkombination, bestehend aus einer Zugmaschine 105 und einem Auflieger 106 dargestellt. Die gewählte Darstellung soll keine Einschränkung darstellen, denkbar ist auch eine Fahrzeugkombination, die aus einer Zugmaschine und einem Deichselanhänger besteht. Die Zugmaschine 105 soll die Radachsen 108iz aufweisen. Den Radachsen 108iz sind Räder 107ijz zugeordnet. Die Bedeutung der Indizes i bzw. j entspricht der vorstehend beschriebenen. Der Index z gibt an, daß es sich um Radachsen bzw. Räder der Zugmaschine handelt. Ferner weist die Zugmaschine 105 ein Steuergerät 109 auf, in dem das erfindungsgemäße Verfahren abläuft und mit dem sowohl die Zugmaschine 105 als auch der Auflieger 106 stabilisiert wird. Der Auflieger 106 soll zwei Radachsen 108ixa enthalten. Den beiden Radachsen 108ixa sind in entsprechender Weise die Räder 107ixja zugewiesen. Der Index a gibt an, daß es sich um

Komponenten des Aufliegers 106 handelt. Die in Fig. 1b dargestellte Anzahl von Radachsen für die Zugmaschine 105 bzw. für den Auflieger 106 soll keine Einschränkung darstellen. Das Steuergerät 109 kann anstelle in der Zugmaschine 105 auch im Auflieger 106 angeordnet sein. Ferner ist es denkbar, sowohl das Zugfahrzeug 105 als auch den Auflieger 106 mit jeweils einem Steuergerät auszustatten.

Die in den Fig. 1a und 1b gewählte Kennzeichnung durch die Indizes a, i, j, x sowie z ist für sämtliche Größen bzw. Komponenten, bei denen sie Verwendung findet, entsprechend.

Nachfolgend soll auf Fig. 2 eingegangen werden.

Der Fig. 2 liegt ein einteiliges Fahrzeug zugrunde, wie es beispielsweise in Fig. 1a dargestellt ist. Aus diesem Grund ist in Fig. 2 das Steuergerät 104 enthalten. Diese Darstellung soll allerdings nicht einschränkend wirken, da der Gegenstand der Erfindung in entsprechender Weise auch für ein Fahrzeug, wie es in Fig. 1b dargestellt ist, anwendbar ist. Hierzu sind ausgehend von Fig. 2 eventuell entsprechende Modifikationen erforderlich.

Es sei angenommen, daß das einteilige Fahrzeug wenigstens zwei Radachsen 103ix, eine Vorderachse 103v1 mit den Rädern 102v1r bzw. 102v1l sowie eine Hinterachse 103h1 mit den Rädern 102h1r bzw. 102h1l aufweist. Die zu diesen Rädern gehörenden Raddrehzahlsensoren 201ilj sind in Fig. 2 dargestellt. Je nach Anzahl der Radachsen des einteiligen Fahrzeuges kommen, wie in Fig. 2 angedeutet, weitere Raddrehzahlsensoren 201ixj hinzu. Mit den Raddrehzahlsensoren 201ilj werden Größen  $n_{ilj}$  ermittelt, die jeweils die Raddrehzahl des entsprechenden Rades 102ilj beschreiben. Die Größen  $n_{ilj}$  werden Blöcken 203 und 208 zugeführt. Die Raddrehzahlsensoren 201ilj sind unabhängig von der Art des Reglers 209 auf jeden Fall vorhanden.

Durch die Auswahl eines einachsigen Fahrzeuges im Ausführungsbeispiel soll die erfindungswesentliche Idee nicht eingeschränkt werden, sie ist auch für mehrachsige Fahrzeuge (der Index x weist dann einen von 1 verschiedenen Wert auf) bzw. für Fahrzeuggespanne einsetzbar.

Ferner enthält das Fahrzeug einen Sensor 202 mit dem eine den Lenkwinkel beschreibende Größe  $\delta$  ermittelt wird. Diese Größe  $\delta$  wird den Blöcken 204, 205 sowie 208 zugeführt.

Im Block 203 wird in bekannter Weise aus den Raddrehzahlen  $n_{ilj}$  eine die Geschwindigkeit des Fahrzeuges beschreibende Größe  $v_f$  ermittelt, die den Blöcken 204, 205, 206 und 208 zugeführt wird.

Im Block 204 wird ausgehend von den ihm zugeführten Größen  $v_f$  und  $\delta$  eine die Gierrate des Fahrzeuges beschreibende Größe  $\omega$  ermittelt. Die Größe  $\omega$  wird mit Hilfe eines einfachen mathematischen Modells, in welches die Größen  $v_f$  und  $\delta$  eingehen, ermittelt. Dieses mathematische Modell wird beispielsweise durch die Gleichung

$$\omega = \frac{v_f}{l + EG \cdot v_f^2} \cdot \delta \quad (1)$$

beschreiben. Mit Hilfe dieses mathematischen Modells kann der Wert der Gierrate des Fahrzeuges für einen stationären Zustand des Fahrzeuges, wie er sich durch Vorgabe des Lenkwinkels einstellen wird, bestimmt werden. In der oben aufgeführten Gleichung beschreibt die Größe  $l$  den Radabstand des Fahrzeuges, die Größe  $EG$  beschreibt den Eigenlenkgradienten des Fahrzeuges, eine für das jeweilige Fahrzeug charakteristische Größe. Die Größe  $\omega$  wird ausgehend vom Block 204 dem Block 205 zugeführt.

Im Block 205 werden zum einen intern in ihm verarbeitete Größen und Größen, die extern, d. h. in anderen Blöcken verarbeitet werden, ermittelt. Als interne Größen werden im Block 205 eine die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe  $a_q$  und ein charakteristischer Wert  $ag_{grenz}$  für diese die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe ermittelt. Gegebenenfalls wird im Block 205 auch eine die Masse des Fahrzeuges beschreibende Größe ermittelt. Als externe Größe wird im Block 206 ein vorgebarer Geschwindigkeitswert  $v_{fgrenz}$  ermittelt, der dem Block 206 zugeführt wird.

Als die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe wird eine die Querbeschleunigung des Fahrzeuges beschreibende Größe  $a_q$  verwendet. Die Größe  $a_q$  wird in Abhängigkeit der dem Block 205 zugeführten Größen  $v_f$  sowie  $\omega$  beispielsweise unter Verwendung der Beziehung

$$a_q = v_f \cdot \omega \quad (2)$$

ermittelt. Diese Beziehung beschreibt ebenfalls einen stationären Zustand des Fahrzeuges.

Setzt man Gleichung (1) in Gleichung (2) ein, so erkennt man, daß sich die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe wenigstens in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_f$  und der Lenkwinkelgröße  $\delta$  ergibt.

Der charakteristische Wert  $ag_{grenz}$  wird wenigstens in Abhängigkeit einer die Radlast wenigstens eines Rades beschreibenden Größe ermittelt. Hierzu werden dem Block 205 ausgehend vom Block 208 Größen  $R_{ilj}$ , die die Radlast der einzelnen Räder beschreiben, zugeführt. Als Größen  $R_{ilj}$  werden beispielsweise die an den Rädern jeweils vorliegenden Aufstands- bzw. Normalkräfte verwendet. Diese Kräfte werden im Block 208 in bekannter Weise wenigstens in Abhängigkeit der Raddrehzahlen  $n_{ilj}$  ermittelt.

Es bietet sich an, die charakteristische Größe in Abhängigkeit der Radlast wenigstens eines kurveninneren Rades und der die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe zu ermitteln. Hierzu werden im Block 205 zunächst, beispielsweise in Abhängigkeit der ihm zugeführten Größe  $\delta$ , die kurveninneren Räder ermittelt. In Abhängigkeit der die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe, d. h. der die Querbeschleunigung des Fahrzeuges beschreibenden Größe, und einer der Größen  $R_{ilj}$  eines kurveninneren Rades, wird ein linearer Zusammenhang für die Größe  $R_{ilj}$  in Abhängigkeit der die Querbeschleunigung beschreibenden Größe approximiert. Mit Hilfe dieses linearen Zusammenhangs wird der charakteristische Wert durch Interpolation ermittelt. Der Interpolation liegt dabei zugrunde, daß der charakteristische Wert dann vorliegt, wenn die Größe  $R_{ilj}$  nahe am Wert Null ist oder alternativ diesen Wert einnimmt.

Alternativ kann der charakteristische Wert  $ag_{grenz}$  in Abhängigkeit einer die Masse des Fahrzeuges beschreibenden Größe aus einem Kennfeld ausgelesen werden. Hierzu wird im Block 205 zunächst eine die Masse des Fahrzeuges be-

schreibende Größe in Abhängigkeit der die Radlasten beschreibenden Größen ermittelt. Alternativ zur Ermittlung der Fahrzeugmasse aus den die Radlasten beschreibenden Größen kann die Fahrzeugmasse auch ausgehend von Motordaten ermittelt werden. Oder aber es handelt sich bei dem charakteristischen Wert um einen fest vorgegebenen Wert, der im Block 205 abgelegt ist.

5 In Abhängigkeit des charakteristischen Wertes  $\omega_{\text{agrenz}}$  und der die Gierrate beschreibenden Größe  $\omega$  wird unter Verwendung der Beziehung

$$v_{\text{fgrenz}} = \frac{\omega_{\text{agrenz}}}{\omega} \quad (3)$$

10

der vorgebbare Geschwindigkeitswert  $v_{\text{fgrenz}}$  ermittelt. Dieser Geschwindigkeitswert  $v_{\text{fgrenz}}$  stellt die Geschwindigkeit dar, die in der durch den charakteristischen Wert  $\omega_{\text{agrenz}}$  beschriebenen Fahrsituation gerade noch fahrbar ist, ohne daß dabei das Fahrzeug instabil wird. Alternativ kann für den vorgebbaren Geschwindigkeitswert auch ein fest vorgegebener Wert, der im Block 205 abgelegt ist, verwendet werden. Oder der vorgebbare Geschwindigkeitswert wird mit Hilfe eines Kennfeldes ermittelt. Der Geschwindigkeitswert  $v_{\text{fgrenz}}$  wird ausgehend vom Block 205 dem Block 206 zugeführt.

15

Im Block 206 wird die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_f$  mit dem vorgebbaren Geschwindigkeitswert  $v_{\text{fgrenz}}$  verglichen. Solange der vorgebbare Geschwindigkeitswert kleiner als die die Fahrzeuggeschwindigkeit beschreibende Größe  $v_f$  ist, werden Bremseneingriffe und/oder Motoreingriffe und/oder Retardereingriffe durchgeführt, mit denen die Fahrzeuggeschwindigkeit auf den vorgebbaren Geschwindigkeitswert reduziert wird oder mit denen sie auf dem vorgegebenen Geschwindigkeitswert gehalten wird. In Abhängigkeit dieses Vergleiches werden im Block 206 Größen  $Sil_j$  bzw.  $SM$  zur Durchführung der Bremseneingriffe und/oder Motoreingriffe ermittelt. Sofern das Fahrzeug über einen Retarder (Block 211) verfügt, wird im Block 206 auch eine Größe  $SR$  zur Durchführung der Retardereingriffe ermittelt (die optionale Ausstattung des Fahrzeuges ist durch die geklammerte Schreibweise der Größe  $SR$  angedeutet). Die Größen  $Sil_j$  bzw.  $SM$  bzw.  $SR$  (sofern gebildet) werden dem Block 208 zugeführt. Mit Hilfe der Größen  $Sil_j$  wird dem Regler 208 mitgeteilt, welche Räder des Fahrzeuges wie zur Stabilisierung des Fahrzeuges zu bremsen sind. Mit Hilfe der Größe  $SM$  wird dem Regler 208 mitgeteilt, in welchem Maße ein Motoreingriff zur Reduzierung des vom Motor abgegebenen Momentes durchzuführen ist. Mit der Größe  $SR$  wird dem Regler 208 mitgeteilt, in welchem Maße ein Retardereingriff durchzuführen ist.

30

An dieser Stelle sei bemerkt, daß in Fig. 2 die erfindungswesentlichen Blöcke zum Block 207 zusammengefaßt sind. Mit 208 ist der im Steuergerät 104 implementierte Regler bzw. Fahrzeugregler bezeichnet. Bei dem Regler 208 handelt es sich in allgemeiner Weise um einen Schlupfregler. Dabei kann dieser Schlupfregler beispielsweise als Bremschlupfregler und/oder als Antriebsschlupfregler ausgelegt sein. Alternativ kann es sich bei dem Schlupfregler auch um einen Regler handeln, der in seiner Grundfunktion eine die Fahrdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe, beispielsweise eine von der Querbeschleunigung und/oder der Gierrate des Fahrzeuges abhängige Größe, durch Eingriffe in die Radbremsen und/oder in den Motor regelt. An dieser Stelle sei auf die in der Automobiltechnischen Zeitschrift (ATZ) 96, 1994, Heft 11, auf den Seiten 674 bis 689 erschienene Veröffentlichung "FDR - Die Fahrdynamikregelung von Bosch" verwiesen, in der ein System zur Regelung einer die Fahrdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe beschrieben ist.

35

An dieser Stelle sei bemerkt, daß in Fig. 2 lediglich die Sensorik dargestellt ist, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens unbedingt erforderlich ist. Ein Teil dieser Sensorik, nämlich die Raddrehzahlsensoren 2011j, ist auf jeden Fall auch für die Realisierung eines Schlupfreglers erforderlich. Je nachdem, welche Art von Schlupfregler mit dem Block 208 realisiert werden soll, sind gegebenenfalls weitere Sensoren erforderlich. Soll es sich beispielsweise um einen Schlupfregler zur Regelung einer die Fahrdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe handeln, so sind für gewöhnlich ein Lenkwinkelsensor, ein Querbeschleunigungssensor sowie ein Gierratensensor erforderlich. An dieser Stelle sei auf die vorstehend erwähnte Veröffentlichung "FDR - Die Fahrdynamikregelung von Bosch" verwiesen, in der besagte Systeme ausführlich beschrieben sind. Für den Fall, daß ein Querbeschleunigungssensor und/oder ein Gierratensensor vorhanden ist, können die Querbeschleunigung und/oder die Gierrate auch gemessen werden. Die gemessenen Größen werden dann anstelle der berechneten Größen verwendet. Allerdings ist dann die oben beschriebene, vom Lenkwinkelsensor ausgehende Preview-Funktion nicht mehr gewährleistet.

40

Da es sich bei dem Block 208 um einen Schlupfregler handeln soll, basiert die in ihm in ihrer Grundfunktion stattfindende Regelung in bekannter Weise auf den dem Block 208 zugeführten Größen  $n_{1j}$  und  $v_f$ , die zur Ermittlung der jeweils an den Rädern vorliegenden Schlupfwerte verwendet werden. Ferner wird dem Block 208, ausgehend vom Motor 210, eine Größe  $mot2$  zugeführt, die beispielsweise die Motordrehzahl des Motors 210 beschreibt, und die im Block 208 für die Durchführung der Motoreingriffe erforderlich ist. Außerdem werden dem Block 208 Größen  $ST2$  zugeführt, die in einem Block 209 erzeugt werden, der die Ansteuerlogik für die im Fahrzeug enthaltenen Aktuatoren und den Motor und sofern vorhanden auch für den Retarder darstellt. Durch die Größen  $ST2$  wird dem Regler mitgeteilt, welche Aktuatoren momentan wie angesteuert sind bzw. wie der Retarder angesteuert ist. Ausgehend von diesen vorstehend aufgeführten Größen ermittelt der Regler 208 Größen  $ST1g$ , die der Ansteuerlogik 209 als Größen  $ST1$  zugeführt werden, und in deren Abhängigkeit der Motor 210 bzw. die Aktuatoren 2121j zur Realisierung der im Regler 208 als Grundfunktion implementierten Schlupfregelung angesteuert werden. D. h. mit den Größen  $ST1$  wird der Ansteuerlogik 209 mitgeteilt, welche Aktuatoren wie bzw. wie der Motor angesteuert werden sollen. Bzgl. der Erzeugung der Größen  $ST1g$  gemäß der für die Grundfunktion implementierten Regelung wird u. a. auf die vorstehend aufgeführte Veröffentlichung "FDR - die Fahrdynamikregelung von Bosch" verwiesen. Unabhängig von der Art des Schlupfreglers liegt der Regelung wie allgemein bekannt ein Vergleich von Istschlupfwerten mit vorgebbaren Sollschlupfwerten zugrunde.

55

60

65

Zusätzlich zu der im Block 208 in der Grundfunktion implementierten Regelung hat er die Aufgabe, das Fahrzeug zu stabilisieren bzw. ein Umkippen des Fahrzeuges zu vermeiden. Im Rahmen der Umkippervermeidung erfüllt der Regler im wesentlichen zwei Aufgaben. Zum einen setzt er die im Block 206 ermittelten Größen  $Sil_j$  bzw.  $SM$  bzw.  $SR$  in entspre-

chende Signale ST1u um, die der Ansteuerlogik 209 als Größen ST1 zugeführt werden, und ausgehend von denen an den Rädern Bremsmomente und/oder Antriebsmomente erzeugt und/oder verändert werden und/oder Retardereingriffe durchgeführt werden, um die Fahrzeuggeschwindigkeit auf einen vorgegebenen Geschwindigkeitswert zu reduzieren oder auf einem vorgegebenen Geschwindigkeitswert zu halten. Zum anderen stellt der Block 208 in vorstehend beschriebener Weise die Größen R1lj bereit.

Für die Ausgabe der Größen ST1g bzw. ST1u als Größen ST1 sind verschiedene Vorgehensweisen denkbar. Erzeugt der Regler 208 nur die Größen ST1g, so sind die ausgegebenen Größen ST1 mit diesen Größen ST1g identisch. Erzeugt der Regler sowohl die Größen ST1g als auch die Größen ST1u, so können entweder die Größen ST1u anstelle der Größen ST1g ausgegeben werden oder die Größen ST1u werden den Größen ST1g überlagert.

Um gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Fahrzeug bei einer vorliegenden Kipptendenz um eine in Längsrichtung des Fahrzeuges orientierte Fahrzeugachse zu stabilisieren bzw. um ein drohendes Umkippen des Fahrzeuges zu vermeiden, werden durch entsprechende Bremseneingriffe alle Räder des Fahrzeuges gleichmäßig gebremst und/oder durch entsprechende Motoreingriffe das vom Motor abgegebene Moment reduziert und/oder ein Retardereingriff durchgeführt. Alternativ zur gleichmäßigen Bremsung aller Räder bietet sich an, durch entsprechende Bremseneingriffe die Räder des Fahrzeuges so zu bremsen, daß wenigstens das kurveninnere Hinterrad weniger stark als die übrigen Räder des Fahrzeuges und/oder überhaupt nicht gebremst wird. Dies hat die im Kapitel Vorteile der Erfindung beschriebenen Vor-

teile. An dieser Stelle soll der im Zusammenhang mit dem Bremseneingriff verwendete Begriff gleichmäßig erläutert werden. Unter gleichmäßiger Bremsung soll verstanden werden, daß für alle Räder der selbe Bremsdruck eingespeist wird. Dabei kann der Bremsdruck an den Rädern solange gesteigert werden, bis ein Rad an die Blockiergrenze kommt. Für dieses Rad wird der Bremsdruck nicht mehr weiter gesteigert. Der Bremsdruck der anderen Räder kann weiter erhöht werden. Bei der alternativen Bremsung wird von vornherein zumindest für das kurveninnere Hinterrad schon ein anderer, nämlich ein geringerer Bremsdruck vorgesehen.

Im Block 209, der Ansteuerlogik, werden die vom Regler 208 erzeugten Größen ST1 in Ansteuersignale für den Motor 210 sowie in Ansteuersignale für die Aktuatoren des Fahrzeuges umgesetzt. Mit den Aktuatoren 2121j ist an den entsprechenden Rädern eine Bremskraft erzeugbar. Zur Ansteuerung des Motors 210 erzeugt die Ansteuerlogik ein Signal mot1, mit dem beispielsweise die Drosselklappenstellung des Motors beeinflussbar ist. Alternativ ist auch eine Beeinflussung der dem Motor zugeführten Einspritzmenge denkbar. Zur Ansteuerung der Aktuatoren 2121j, die insbesondere als Bremsen ausgebildet sind, erzeugt die Ansteuerlogik 209 Signale A1lj, mit denen die von den Aktuatoren 2121j an den entsprechenden Rädern erzeugten Bremskräfte beeinflussbar sind. Ferner erzeugt die Ansteuerlogik 209 die bereits oben erwähnten Größen ST2.

Sofern das Fahrzeug über einen Retarder 211 verfügt, kann die Ansteuerlogik zusätzlich ein Signal FR erzeugen, mit dem der Retarder angesteuert wird. Ferner ist auch denkbar, daß das Fahrzeug mit Fahrwerksaktuatoren zur Beeinflussung des Fahrwerkes des Fahrzeuges ausgestattet ist.

Bei der in Fig. 2 zum Einsatz kommenden Bremsanlage kann es sich um eine hydraulische oder pneumatische oder elektrohydraulische oder elektropneumatische oder eine elektromotorische Bremsanlage handeln.

In Fig. 3 wird mit Hilfe eines Flußdiagrammes das in der erfindungsgemäßen Vorrichtung ablaufende erfindungsgemäße Verfahren dargestellt.

Das erfindungsgemäße Verfahren beginnt mit einem Schritt 301. In diesem Schritt werden die Größe ag bzw. aggrenz ermittelt. An dieser Stelle sei auf die Beschreibung des in Fig. 2 enthaltenen Blockes 205 verwiesen, in dem diese Größe ermittelt werden. Anschließend an den Schritt 301 wird ein Schritt 302 ausgeführt. Im Schritt 302 wird die Größe ag mit dem charakteristischen Wert aggrenz verglichen. Wird im Schritt 302 festgestellt, daß die Größe ag kleiner als der charakteristische Wert aggrenz ist, was gleichbedeutend damit ist, daß sich das Fahrzeug nicht in einem querdynamisch kritischen Fahrzustand befindet, so wird anschließend an den Schritt 302 erneut der Schritt 301 ausgeführt. Wird dagegen im Schritt 302 festgestellt, daß die Größe ag größer als oder gleich der Größe aggrenz ist, was gleichbedeutend damit ist, daß sich das Fahrzeug in einem querdynamisch kritischen Zustand befindet, so wird anschließend an den Schritt 302 ein Schritt 303 ausgeführt.

Im Schritt 303 wird die Größe vfgrenz bereitgestellt. An dieser Stelle sei ebenfalls auf die Beschreibung des Blockes 205 verwiesen. Im Anschluß an den Schritt 303 wird ein Schritt 304 ausgeführt.

Im Schritt 304 wird die die Geschwindigkeit des Fahrzeuges beschreibende Größe vf mit dem vorgebbaren Geschwindigkeitswert vfgrenz verglichen. Wird im Schritt 304 festgestellt, daß die Größe vf kleiner als oder gleich der Größe vfgrenz ist, was gleichbedeutend damit ist, daß das Fahrzeug eine Geschwindigkeit aufweist, bei der keine Umkippgefahr droht, so wird anschließend an den Schritt 304 erneut der Schritt 301 ausgeführt. Wird dagegen im Schritt 304 festgestellt, daß die Größe vf größer als die Größe vfgrenz ist, was gleichbedeutend damit ist, daß das Fahrzeug eine Geschwindigkeit aufweist, bei der eine Umkippgefahr droht, so wird anschließend an den Schritt 304 ein Schritt 305 ausgeführt.

Im Schritt 305 werden die vorstehend beschriebenen Bremseneingriffe und/oder Motoreingriffe und/oder Retardereingriffe zur Reduzierung der Fahrzeuggeschwindigkeit durchgeführt. Die in diesem Zusammenhang im Block 206 erzeugten Signale und/oder Größen S1lj bzw. SM bzw. SR sind in Fig. 3 nicht dargestellt. Anschließend an den Schritt 305 wird erneut der Schritt 301 ausgeführt. Da mit jedem Bremseneingriff und/oder Motoreingriff und/oder Retardereingriff das Fahrzeug verzögert wird und somit die Querbeschleunigung aq des Fahrzeuges reduziert wird, wird die Querbeschleunigung im Schritt 301 erneut ermittelt und in dem sich anschließenden Schritt 302 überprüft, ob die querdynamisch kritische Situation des Fahrzeuges noch vorliegt. Durch wiederholtes Durchlaufen der 301 bis 305 ergibt sich eine Reduzierung der Fahrzeuggeschwindigkeit.

Eine alternative Ausgestaltung könnte darin bestehen, daß anschließend an den Schritt 305 nicht auf den Schritt 301 sondern auf den Schritt 304 zurückgesprungen wird. Dadurch wird erreicht, daß die Fahrzeuggeschwindigkeit solange reduziert wird, bis die im Schritt 304 stattfindende Abfrage erfüllt ist und somit für das Fahrzeug keine Kippgefahr mehr besteht.

Abschließend sei bemerkt, daß die in der Beschreibung gewählte Form des Ausführungsbeispiels sowie die in den Figuren gewählte Darstellung keine einschränkende Wirkung auf die erfindungswesentliche Idee darstellen soll.

#### Patentansprüche

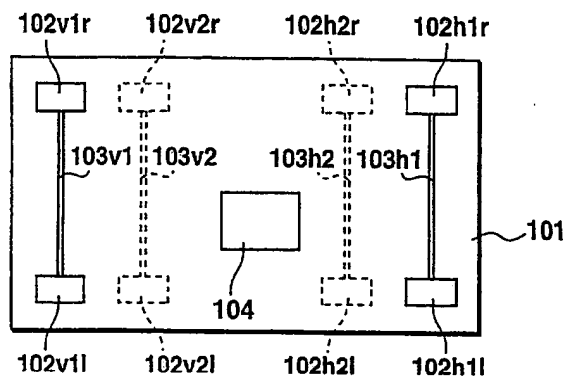
1. Verfahren zur Stabilisierung eines Fahrzeuges, insbesondere zur Vermeidung des Umklippens eines Fahrzeuges um eine in Längsrichtung des Fahrzeuges orientierte Fahrzeugachse, bei dem eine die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe (aq) ermittelt wird, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe mit wenigstens einem charakteristischen Wert (aqgrenz), insbesondere einem Schwellenwert, für die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe verglichen wird, dadurch gekennzeichnet, daß für den Fall, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe größer als der oder gleich dem charakteristischen Wert ist, wenigstens durch Bremseneingriffe (Sixi) an wenigstens einem Rad und/oder durch Motoreingriffe (SM) und/oder durch Retardereingriffe (SR) die Geschwindigkeit des Fahrzeuges auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert (vfgrenz) reduziert oder auf einem vorgebbaren Geschwindigkeitswert gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe, insbesondere wird hierfür eine die Querbeschleunigung des Fahrzeuges beschreibende Größe verwendet, wenigstens in Abhängigkeit einer die Geschwindigkeit des Fahrzeuges beschreibenden Größe (vf) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe ferner in Abhängigkeit einer die Gierrate des Fahrzeuges beschreibenden Größe (omega) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die die Gierrate des Fahrzeuges beschreibende Größe wenigstens in Abhängigkeit der die Geschwindigkeit des Fahrzeuges beschreibenden Größe und einer den Lenkwinkel des Fahrzeuges beschreibenden Größe (delta) ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der charakteristische Wert ein fest vorgegebener Wert oder ein für den jeweiligen Fahrzustand des Fahrzeuges ermittelter Wert ist, und/oder
- daß für den charakteristischen Wert der Wert der die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe verwendet wird, der für das Fahrzeug zulässig ist, ohne daß das Fahrzeug bei Erreichen dieses Wertes instabil wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der charakteristische Wert wenigstens in Abhängigkeit einer die Radlast wenigstens eines Rades beschreibenden Größe (Rixi) ermittelt wird, insbesondere wird als die die Radlast beschreibende Größe eine die Aufstandskraft des jeweiligen Rades beschreibende Größe verwendet.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der charakteristische Wert in Abhängigkeit der die Radlast wenigstens eines kurveninneren Rades beschreibenden Größe und der die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe ermittelt wird, oder
- daß in Abhängigkeit der die Radlasten beschreibenden Größen eine die Masse des Fahrzeuges beschreibende Größe ermittelt wird und der charakteristische Wert mit Hilfe der die Masse des Fahrzeuges beschreibenden Größe aus einem Kennfeld ausgelesen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem vorgebbaren Geschwindigkeitswert (vfgrenz) um einen fest vorgegebenen Wert handelt, oder
- daß der vorgebbare Geschwindigkeitswert wenigstens in Abhängigkeit des charakteristischen Wertes und/oder einer die Gierrate des Fahrzeuges beschreibenden Größe (omega) ermittelt wird, oder
- daß der vorgebbare Geschwindigkeitswert mit Hilfe eines Kennfeldes ermittelt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bremseneingriffe und/oder Motoreingriffe und/oder Retardereingriffe solange durchgeführt werden, wie der vorgebbare Geschwindigkeitswert kleiner als eine die Fahrzeuggeschwindigkeit beschreibende Größe (vf) ist.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch entsprechende Bremseneingriffe alle Räder des Fahrzeuges gleichmäßig gebremst werden, oder
- daß durch entsprechende Bremseneingriffe die Räder des Fahrzeuges gebremst werden, wobei wenigstens das kurveninnere Hinterrad weniger stark als die übrigen Räder des Fahrzeuges und/oder überhaupt nicht gebremst wird, und/oder
- daß durch entsprechende Motoreingriffe das vom Motor abgegebene Moment reduziert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der charakteristische Wert um einen kleinen Wert vermindert wird, wobei die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe mit dem verminderten charakteristischen Wert verglichen wird, wobei für den Fall, bei dem die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe größer als der verminderte charakteristische Wert ist, wenigstens durch Bremseneingriffe an wenigstens einem Rad und/oder durch Motoreingriffe und/oder durch Retardereingriffe, die Geschwindigkeit des Fahrzeuges auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert reduziert wird.
12. Vorrichtung zur Stabilisierung eines Fahrzeuges, insbesondere zur Vermeidung des Umklippens eines Fahrzeuges um eine in Längsrichtung des Fahrzeuges orientierte Fahrzeugachse, die Mittel (205) enthält, mit denen eine die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe ermittelt wird, und mit denen ferner die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe mit wenigstens einem charakteristischen Wert, insbesondere einem Schwellenwert, für die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe verglichen wird, dadurch gekennzeichnet, daß für den Fall, bei dem festgestellt wird, daß die die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe größer als der oder gleich dem charakteristischen Wert ist, wenigstens durch Bremseneingriffe an wenigstens einem Rad und/oder durch Motoreingriffe und/oder durch Retardereingriffe die Geschwindigkeit des Fahrzeuges auf einen vorgebbaren Geschwindigkeitswert reduziert oder auf einem vorgebbaren Geschwindigkeitswert gehalten wird.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

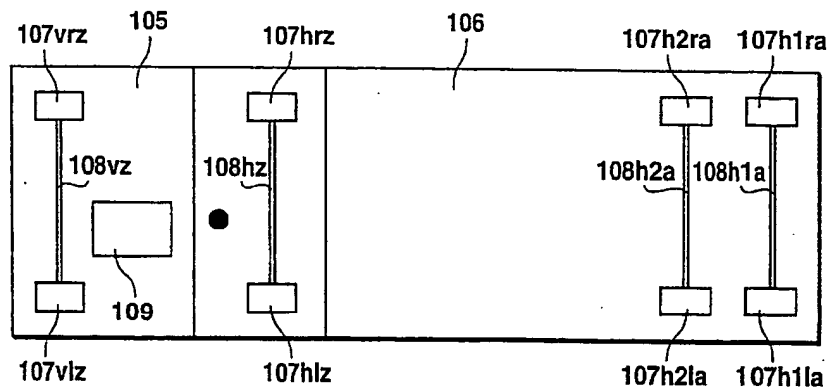


- Leerseite -

**Fig. 1a**



**Fig. 1b**



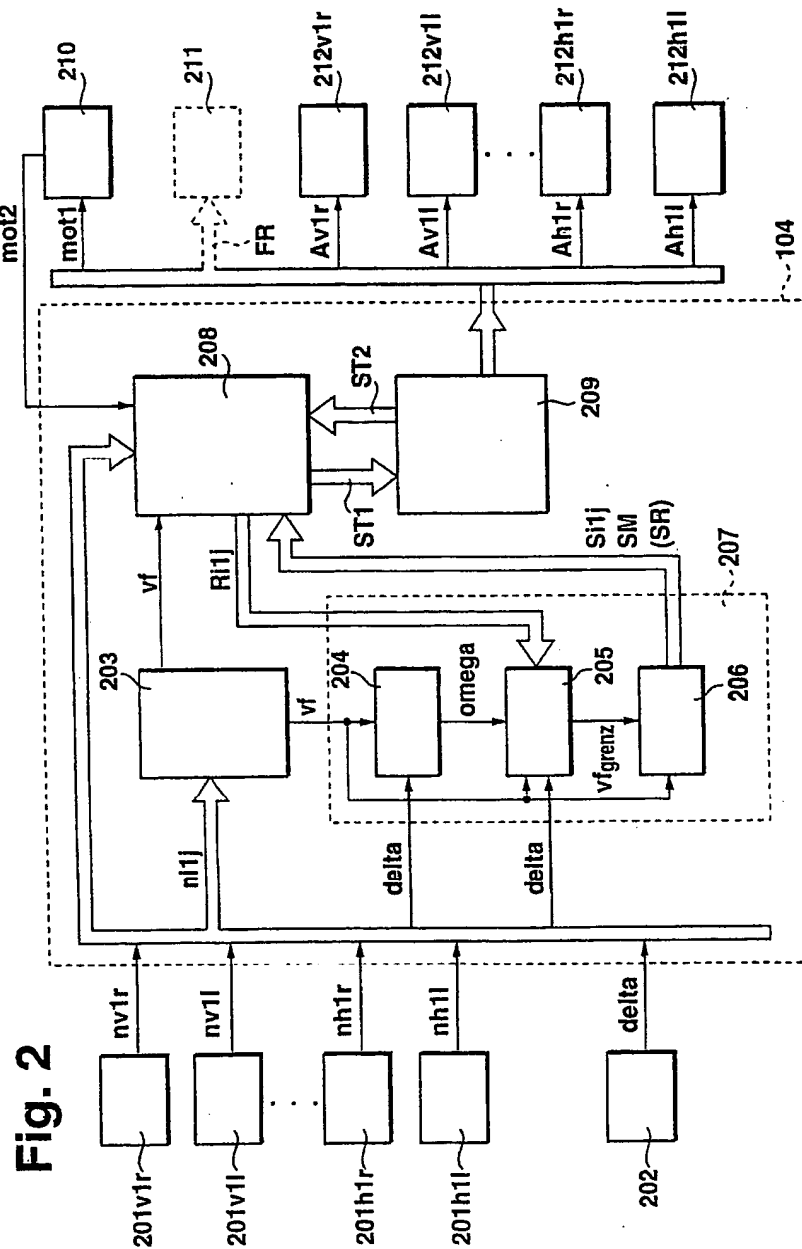
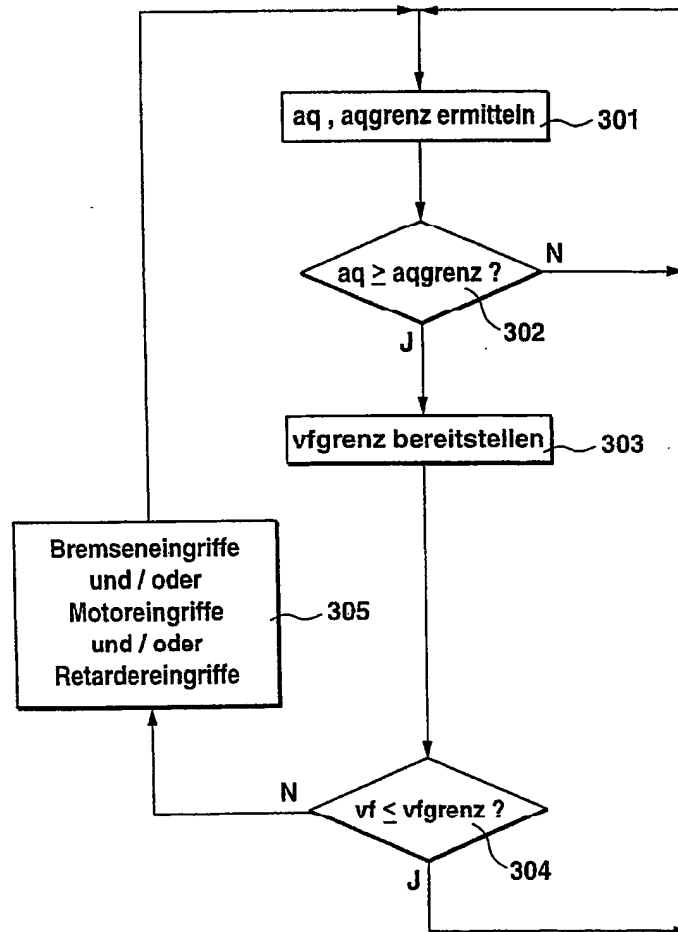


Fig. 3



**METHOD OF AND DEVICE FOR THE  
STABILIZATION OF A VEHICLE**

The method according to the invention concerns a way to stabilize a vehicle, preferably to prevent the rollover of the vehicle around a longitudinal vehicle axis. The value describing the vehicle's transversal dynamics is determined for that. This value is compared with at least one of its characteristic parameters, in particular a threshold value. In cases when the value describing the vehicle's transversal dynamics is greater than or equal to the characteristic value, the vehicle speed is reduced or maintained at a pre-established speed value at least by means of brake actions on at least one wheel and/or actions on the engine and/or through retarder actions.

---

**DESCRIPTION**

**Technological State of the Art**

The invention concerns a method and a device for the stabilization of a vehicle. Many modifications of such methods and devices are known from the technological state of the art.

A device that prevents vehicles from skidding is known from the DE-OS 19 02 944. The device includes measurement instruments that record the momentary vehicle status, which are connected to a control unit responding to specific limit values of the vehicle. The device also includes means that can be triggered for the independent control of at least one device used to keep the vehicle in its track, which are released through the control unit upon reaching a predetermined limit value for the transversal

acceleration. If a maximum possible transversal acceleration is determined in a vehicle configuration, the program for the control unit is set to a lower value. This means that already below the critical threshold value, i.e., before the driving condition turns dangerous, independently of the driver's reaction, the brakes are activated and the engine output controller is set back to a lower driving output.

A device for a propulsion control of motor vehicles in order to maintain stable driving conditions is known from the DE 35 45 715 A1. The device includes a computing unit to determine a target value or a tolerance range for the RPM difference of the front wheels or the transversal acceleration or the yaw velocity, and a comparative unit in which this target value or tolerance range is compared with the measured actual value. The difference between the actual value and the target value or tolerance range serves as the control signal for the wheel brakes and/or for an output actuator of the vehicle engine.

In the above-described devices according to the current state of the art, as a function of comparison between an actual value of a parameter, describing the vehicle's cross dynamics, and a corresponding limit value, the brakes of the wheels and/or an output actuator of the engine is triggered in such a way that the vehicle is stabilized thanks to the reduction of the vehicle speed. The vehicle speed resulting from the brake or on engine interventions is not predetermined.

The task of the present invention consists of improving the existing devices or methods of stabilizing motor vehicles so that in cases when a value describing the transversal dynamics is greater than or equal to a characteristic value for the variable

describing the vehicle's cross dynamics, a specific status for the vehicle is set based on the vehicle speed.

This task is accomplished by the characteristics of claims 1 through 12.

### **Advantages of the Invention**

The method according to the invention of stabilizing a vehicle is used especially to prevent the vehicle from overturning around a longitudinal vehicle axis. To that end, a value describing the vehicle's cross dynamics is determined and compared with at least one characteristic value, in particular a threshold value for the value describing the vehicle's cross dynamics. In case the value describing the vehicle's cross dynamics is greater than or equal to the characteristic value, at least brake actions on at least one wheel, and/or engine actions and/or retarder actions are carried out. Advantageously, these brake actions and/or engine actions and/or retarder actions are performed in such a way that the vehicle speed is reduced to a pre-determinable speed value or maintained at a pre-determinable speed value.

Because the vehicle speed can be reduced to a pre-determinable speed limit or maintained at a pre-determinable speed value through the brakes and/or engine and/or retarder actions, a specified status is set for the vehicle in cross-dynamically critical situations. This specified status can, for example, correspond to driving curves at the maximum cornering speed. In this case, the pre-set speed value corresponds to the maximum cornering speed.

In the following, the speed of the vehicle will be called "vehicle speed".  
Mentioned here is how the statement "a longitudinal vehicle axis" is to be understood:  
on the one hand, the vehicle axis around which the tipping of the vehicle occurs may be

the actual longitudinal axle of the vehicle. On the other hand, it can be a vehicle axis, which is rotated at a certain angle compared to the actual vehicle axle. It does not matter whether the twisted vehicle axis passes through the vehicle's center of gravity or not. The case of the twisted vehicle axis should also allow an orientation of the vehicle axis in which the vehicle axle corresponds to either a diagonal axis of the vehicle or an axis parallel to it.

Advantageously, as characteristic value one uses the value describing the vehicle's permissible cross dynamics in whose range the vehicle will not become unstable. By unstable is understood the start of skidding or tipping over.

As characteristic value one advantageously uses either the specified value describing the vehicle's cross dynamics, or a value established for the respective driving status of the vehicle. The firmly established value is determined, for example, by preliminary tests and the resulting vehicle behavior and is supported by simulations. For this characteristic value it is assumed that under the operating conditions at which this value is reached, the vehicle behaves in a stable manner. Or the characteristic value is determined for the current driving status of the vehicle. This means that the characteristic value is determined during the vehicle's driving operation based on a value determined for this driving operation.

Advantageously, the characteristic value is determined at least as a function of the value describing the wheel load of at least one wheel. A value describing the contact force of this wheel is advantageously used as the variable describing the wheel load of at least this one wheel.



Two alternatives are available to determine the characteristic values. On the one hand, the characteristic value is determined as a function of the wheel load on at least one wheel on the inside of the curve and the value describing the vehicle's cross dynamics. If, as already mentioned, the contact force of the wheel is used as the value describing the wheel load, a linear correlation between the value describing the vehicle's cross dynamics and the contact force is approximated for the determination of the characteristic value. The characteristic value is then obtained by interpolation, i.e., the characteristic value corresponds to the value of the variable describing the cross dynamics at which the contact force is zero.

This process is also useful in that the instability of a vehicle in cross-dynamically critical situations first becomes noticeable in the behavior of the wheels. That is, through this type of determination, an accurate and timely measure for the vehicle's maximum permissible transversal dynamics in the respective situation is obtained. Since in cross-dynamically critical situations, an impending (dangerous) instability first becomes noticeable on the wheels on the inside of the curve, advantageously, the characteristic value is determined as a function of a variable describing the wheel load on a wheel on the inside of the curve.

In the second alternative, a variable describing the vehicle mass is determined as a function of the values describing the wheel loads. The characteristic value is then derived from a characteristic map describing the vehicle mass. The individual characteristic-map values can likewise be determined in advance by means of simulation-supported driving tests. The vehicle mass is used as a parameter because the vehicle mass affects the height of the vehicle's center of gravity, which in turn

affects the tipping behavior of the vehicle, and therefore, the maximum permissible cross acceleration during cornering.

The two last mentioned procedures have the advantage that in every cross-dynamically critical situation – especially with regard to cornering at high speeds – the variable describing the max. permissible value for the vehicle's cross dynamics is present and thus the vehicle can be optimally stabilized by actions on the brakes and/or actions on the engine, and/or retarder actions, depending on the driving situation.

As has been revealed by previous explanations, the characteristic value functions as a limit value.

Advantageously, within the scope of the previously mentioned targeted reduction of the vehicle speed, with regard to the pre-determinable speed value, we are dealing with either a firmly specified value, which, for example, like the characteristic value of the variable describing the vehicle's cross dynamics, had previously been determined by driving tests and through simulations. Or the pre-determinable speed value is determined during the operation of the vehicle at least in correlation to the characteristic value and/or a value describing the vehicle's yaw rate. The two last mentioned procedures have the advantage that the maximum permissible value for the vehicle speed is available in every cross-dynamically critical situation and thus the vehicle can be stabilized by means of brake actions and/or engine actions and/or retarder actions depending on a given situation. Moreover, in this manner, a speed variable is determined which in the corresponding cross-dynamically critical driving situation, represents the maximum permissible vehicle speed in this driving situation. An additional advantage is derived in that the vehicle is not braked to an unnecessary

degree. The vehicle can be driven at the maximum possible speed; the traffic flow is, for most part, maintained.

In summary: the reduction of the vehicle speed is introduced by observing the vehicle's transversal dynamics. Thereby, the vehicle speed is reduced to a value determined by the vehicle's cross dynamics. This value is determined either during the vehicle's driving operation or it is a predetermined value. In both cases, it can be based on previously conducted driving tests or simulations.

The brake actions and/or engine actions and/or retarder actions are preferably conducted as long as the pre-determinable speed variable is smaller than a variable describing the vehicle speed.

The value describing the vehicle's cross dynamics is ideally a value describing the vehicle's cross acceleration. However, according to the method of the invention, the value describing the vehicle's cross dynamics is not measured directly by means of an appropriate sensor. Rather, it is determined as a function of a variable describing the vehicle speed. Furthermore, the variable describing the vehicle's cross dynamics is determined as a function of a value describing the vehicle's yaw rate, whereby the value describing the vehicle's yaw rate is determined at least as a function of the value describing the vehicle speed and a value describing the vehicle's steering angle. This means, in the end, the value describing the vehicle's cross acceleration is determined as a function of the vehicle speed and the steering angle.

This procedure for the determination of the value describing the cross acceleration is characterized by a clear time advantage involving the readiness of the signal of this variable. This can be explained as follows: cornering is generally initiated

by setting a steering angle. A corresponding transversal acceleration develops as a result this cornering. If the developing cross acceleration is recorded by a cross-acceleration sensor, quite an interval elapses between the setting of the steering angle and making the cross-acceleration signal available through the cross-acceleration sensor. This is due, among other things, to the time sequence between the setting of the steering angle and the resulting cross-acceleration buildup and, on the other hand, also due to the inertia of the cross-acceleration sensor. Because of the previously described procedure for the determination of the value describing the cross acceleration, this time offset is for the most part eliminated, i.e., immediately after setting the steering angle is available the cross-acceleration value which appears as a result of the setting of the steering angle in the resulting stationary condition or stabilized condition of the vehicle. Since the method and device according to the invention are aimed at preventing the rollover of the vehicle around the longitudinal vehicle axis, the previously described procedure for the determination of the value describing the vehicle's cross dynamics, i.e., the value describing the cross acceleration, is feasible since a vehicle usually tips over during cornering and the curve can be driven based on the steering angle prescribed by the driver of the vehicle.

In summary it can be said: the value describing the vehicle's cross dynamics, and/or the value describing the vehicle's yaw rate is advantageously determined by means of a simple mathematical model describing a stationary condition of the vehicle. The time curve already described is obtained from that.

Advantageously, all the wheels of the vehicle are uniformly braked through the above-mentioned brake actions. By uniform braking is understood that from the start

not consciously different braking forces are set. As an alternative or to support these braking actions, the torque released by the engine is reduced by the corresponding actions on the engine. By these two actions, the vehicle speed is reduced or maintained at a predetermined speed. Braking actions can also be executed in which at least the rear wheel on the inside of the curve is braked less than the other wheels of the vehicle, and/or not braked at all. By this type of braking actions, a temporary increase of the yaw speed during the braking action, and thus a resulting unstable condition, is prevented.

If the last of these types of brake actions is chosen, all the steps between a normal brake action and no brake action on the inside-curve wheel may advantageously be possible. For example, the degree of the braking to be applied to the rear wheel on the inside of the curve can be determined in correlation to a value describing the vehicle's cross dynamics.

As an alternative to the procedure described so far, the characteristic value is slightly reduced. The value describing the vehicle's cross dynamics is compared with the reduced characteristic value. In cases when the vehicle's cross dynamics is greater than the reduced characteristic value, the speed of the vehicle is reduced to a predetermined value at least through brake actions on at least one wheel and/or through the engine actions and/or retarder actions. By this procedure it is achieved that the vehicle speed is not only reduced when the characteristic value is reached, but already somewhat earlier, namely when the vehicle approaches the cross-dynamically critical driving condition described by the characteristic value.

Other advantages and preferred configurations can be derived from the subclaims, the drawing, and the description of the implementation examples.

### **Drawing**

The drawing consists of figures 1 to 3. Figures 1a and 1b show various motor vehicles in which the process according to the invention was implemented. Figure 2 shows an overview of the device according to the invention for the implementation of the method according to the invention. Figure 3 shows, by means of a flow diagram an implementation mode of the method according to the invention.

It must be noted that blocks with the same designation in different figures have the same function.

### **Implementation Example**

First we shall discuss the figures 1a and 1b, depicting various motor vehicles in which the method according to the invention was implemented.

Figure 1a shows a unibody vehicle 101. This vehicle can be a passenger car or a commercial vehicle. It must have a least two wheel axles indicated by the in part dashed illustration. The wheel axles of vehicle 101 are marked as 103ix. Thereby the index i indicates whether it is a front axle (v) or a rear axle (h). In the case of vehicles with more than two axles, the index x indicates which of the front or rear axles we are dealing with. The following arrangement applies: the front axle or the rear axle closest to the vehicle's outer edges is the index x with the lowest value. The farther each wheel axle is away from the vehicle's margins, the greater the value of the corresponding index x. The wheel axles 103ix are mounted with wheels 102ixj. The significance of the indexes i or x is identical to that described above. The index j indicates whether the

wheel is located on the right (r) or left (l) side of the vehicle. The difference between individual wheels or twin wheels is disregarded in the depiction of the wheels 102ixj. Furthermore, the vehicle 101 includes a control unit 104, in which the device according to the invention is implemented using the method according to the invention.

Figure 1b shows a vehicle combination consisting of a tractor unit 105 and a semi-trailer 106. The chosen illustration should not constitute any limitation; a vehicle combination consisting of a tractor and a drawbar trailer, is also possible. The tractor unit 105 has the wheel axles 108iz. The wheels 107ijz are mounted to the wheel axles 108iz. The meaning of the indexes i or j corresponds to the one described above. The index z indicates that we are dealing with the wheel axles or wheels of the tractor unit. Furthermore, the tractor 105 has a control unit 109, in which the process according to the invention takes place and is stabilized by means of the tractor 105 as well as by the semi-trailer 106. The trailer 106 has two wheel axles 108ixa. The two wheel axles 108ixa are correspondingly mounted with the wheels 107ixja. The index a indicates that these are components of the semi-trailer 106. The number of wheel axles for the tractor 105 or the semi-trailer 106, shown in figure 1b, should not represent any limitation whatsoever. The control unit 109 can be mounted in the tractor 105 as well as in the semi-trailer 106. Furthermore, it is possible to equip the tractor 105 as well as the semi-trailer 106 with a control unit.

The references chosen in figures 1a and 1b through the indexes a, i, j, x and z correspond to all the values or components for which they are used.

Figure 2 will be discussed below.

The figure 2 is based on a unibody vehicle, as shown in figure 1a for example. Because of that, figure 2 contains the control unit 104. However, the illustration should not be considered exclusive since the object of the invention can also be used for a vehicle as shown in figure 1b. Therefore, based on figure 2, some modifications may be required.

It is assumed that the unibody vehicle has at least two wheel axles 103ix, a front axle 103 v1, with the wheels 102v1r or 102v1l as well as a rear axle 103h1 with the wheels 102h1r or 102h1l. The wheel RPM sensors 201i1j belonging to these wheels, are shown in figure 2. Depending on the number of wheel axles of the unibody vehicle, additional wheel RPM sensors 201ixj are used, as indicated in figure 2. By means of the wheel RPM sensors 201i1j, the values  $ni1j$  are determined describing the RPM of the corresponding wheel 102i1j. The values  $ni1j$  are supplied to blocks 203 and 208. Independently of the type of controller 209, the wheel RPM sensors 201i1j are always available.

In the implementation example, the main idea of the invention should not be limited by the selection of a unibody vehicle; it can also be applied to multi-axle vehicles (then the index  $x$  has a value other than 1) or in a vehicle combination.

Furthermore, the vehicle has a sensor 202 by means of which a value  $\delta$  describing the steering angle, is determined. This value  $\delta$  is supplied to blocks 204, 205, and 208.

The value  $v_f$  describing the vehicle is speed determined in the known manner in block 203 from the wheel RPM  $ni1j$ , and supplied to the blocks 204, 205, 206 and 208.



Based on the values  $v_f$  and  $\delta$  supplied to it, a value  $\omega$  describing the vehicle's yaw rate is determined in block 204. Size  $\omega$  is established by means of a simple mathematical model in which the values  $v_f$  and  $\delta$  are entered. This mathematical model is, for example, described by the formula:

The value of the vehicle's yaw rate for a stationary condition of the vehicle, as it occurs by pre-setting the steering angle, can be determined by this mathematical model. In the above equation, the variable  $l$  describes the vehicle's wheel clearance, the value  $EG$  describes the vehicle's self-steering gradient, a characteristic parameter for the vehicle. The value  $\omega$  is supplied from block 204 to block 205.

The values processed inside block 205 and the values which were processed externally in other blocks, are determined in block 205. A value  $a_q$  describing the vehicle's cross dynamics and a characteristic value  $a_{q\text{grenz}}$  ( $a_q$ -limit) for this value describing the vehicle's cross dynamics are determined in block 205 as internal values. If need be, a value describing the vehicle mass is also determined in block 205. A pre-determinable speed value  $v_{f\text{grenz}}$  ( $v_f$ -limit), which is supplied to block 206 is determined there as external value.

The value  $a_q$  describing the vehicle's cross acceleration is used as the value describing the vehicle's cross dynamics. The value  $a_g$  is determined as a function of the values  $v_f$  and  $\omega$  supplied to block 205, for example by means of the equation:

(2)

This equation likewise describes a stationary state of the vehicle.

If equation (1) is inserted in equation (2), it can be seen that the value describing the vehicle's cross dynamics is derived at least as a function of the vehicle speed  $v_f$  and the steering-angle value  $\delta$ .

The characteristic value  $a_{qgrenz}$  is determined at least as a function of a value describing the wheel load of at least one wheel. The values  $R_{i1j}$  describing the wheel load of the individual wheels are delivered to block 205 from block 208. For example, the contact and or normal forces present at the wheels are used as the values  $R_{i1j}$ . These values are determined in block 208 in the known manner, at least as a function of the wheel RPM  $n_{i1j}$ .

It is appropriate to determine the characteristic value as a function of the wheel load of at least one wheel on the inside of the curve and the value describing the vehicle's cross dynamics. To this end, for example as a function of the value  $\delta$  supplied to block 205, the wheels on the inside of the curve are determined in block 205. A linear correlation for the value  $R_{i1j}$  as a function of the value describing the cross acceleration is approximated as a function of the value describing the vehicle's cross dynamics, i.e., the value describing the vehicle's cross acceleration, and one of the values  $R_{i1j}$  of a wheel on the inside of the curve. The characteristic value is determined by interpolation using this linear correlation. The interpolation is based on the fact that the characteristic value is available when the value  $R_{i1j}$  approaches zero or, as an alternative, assumes this value.

As an alternative, the characteristic value  $a_{qgrenz}$  can be read out from a characteristic map as a function of a value describing the vehicle mass (weight). To this

end, in block 205 a value describing the vehicle mass is determined as a function of the values describing the wheel loads. As an alternative to the determination of the vehicle mass from the values describing the wheel loads, the vehicle mass can also be derived from the engine data. Or the characteristic value can also be a firmly established value, which is stored in block 205.

The pre-determinable speed variable  $v_{fgrenz}$  is determined as a function of the characteristic value  $a_{qgrenz}$  and the value describing the yaw rate  $\omega$ , using the following equation:

(3)

This speed value  $v_{fgrenz}$  represents the speed at which one can still drive under the driving condition described by the characteristic value  $a_{qgrenz}$  without the vehicle becoming unstable. As an alternative, a firmly preset value, stored in block 205, can also be used for the pre-determinable speed value. Or the pre-determinable speed value can be set by means of a characteristic map. The speed value  $v_{fgrenz}$  is supplied to block 206 from block 205.

The vehicle speed  $v_f$  is compared with a pre-determinable speed value  $v_{fgrenz}$  in block 206. As long as the pre-determinable speed value is lower than the value  $v_f$  describing the vehicle speed, brake actions and/or engine actions and/or retarder actions are carried out, by means of which the vehicle speed can be reduced to the pre-determinable speed, or by means of which the speed is maintained at the preset speed. The values  $S_{i1j}$  or  $SM$  for the execution of the brake actions and/or engine actions are determined in block 206 as a function of this comparison. If the vehicle has a retarder (block 211), a value  $SR$  for the implementation of the retarder actions (the vehicle's

optional equipment is indicated by the parentheses around the value SR), is also determined in block 206. The values Si1j or SM or SR (if available) are supplied to block 208. By means of the values Si1j, the controller 208 is informed which wheels of the vehicle must be braked and how in order to stabilize the vehicle. By means of the value SM, the controller 208 is informed about the degree of engine intervention in order to reduce the torque released by the engine. The value SR informs the controller 208 about the extent of the retarder action.

Here it may be pointed out that in figure 2 the invention-relevant blocks are combined into block 207. The controller or vehicle controller implemented in block 104 is marked by 208. The controller 208 generally is a slip (creep) regulator. This slip regulator can, for example, be designed as a brake-slip regulator and/or as a traction-slip regulator. As an alternative, the slip regulator can also be a control unit, which in its basic function, through interventions on the brake and/or the engine, controls a variable describing the vehicle's driving dynamics, for example a value dependent on the vehicle's cross acceleration and/or yaw rate. Here, reference is made to the article published in the ATZ journal 96, 1994, volume 11, pages 674-689, "FDR – The Vehicle Driving Dynamics of Bosch," which discusses a system for the control of a value describing the driving dynamics of a vehicle.

Please note that the sensor system shown in figure 2 only includes the elements absolutely necessary to implement the method according to the invention. Part of this sensor system, namely the wheel RPM sensors 201i1j, is also required for the realization of a slip regulator. Additional sensors may be required, depending on the type of slip regulator to be realized in block 208. If, for example, we are dealing with a

slip regulator for the control of a value describing the vehicle's driving (traction) dynamics, a steering-angle sensor, a cross-acceleration sensor, as well as a yaw-rate sensor are generally required. Here reference is made to the above-mentioned publication "FDR – The Vehicle Driving Dynamics of Bosch," which amply describes the above-mentioned systems. If a cross-acceleration sensor and/or a yaw-rate sensor are available, the cross acceleration and/or the yaw rate can also be measured. The measured values are then used instead of the calculated ones. However, the above-mentioned preview function, issued by the steering-angle sensor, is then no longer guaranteed.

Since in block 208 we are dealing with slip a regulator, the regulating occurring in it in its basic function, is, as is known, based on the values  $ni1j$  and  $vf$ , supplied to block 208, which were used for the determination of the slip values present at the wheels. Furthermore, a value  $mot2$  is supplied to block 208 from the engine 210, describing, for example, the RPM of the engine 210, and which is required in block 208 for the implementation of the engine actions. Also, supplied to block 208 are the values  $ST2$ , generated in a block 209, which represents the control logic system for the actuators mounted in the vehicle and the engine and in as far as available, also for the retarder. The values  $ST2$  inform the regulator which actuators are currently triggered and how the retarder is triggered. Based on these previously mentioned values, the regulator 208 determines the values  $ST1g$ , which, as values  $ST1$ , are supplied to the control logic 209 and in whose correlation to engine 210 or the actuators 212i1j are triggered for the realization of the slip control implemented in the regulator 208 as its basic function. This means that the values  $ST1$  inform the control logic 209 which actuators and how

both they and the engine are to be controlled. With regard to generating the values ST1g according to the regulation implemented for the basic function, reference is made to the previously mentioned publication "FDR – The Vehicle Driving Dynamics of Bosch." As is generally known, the control is based on a comparison between the actual slip values and the preset slip values independently of the type of slip regulators.

In addition to the control implemented in the basic function in block 208, its task is also to stabilize the vehicle or prevent it from tipping over. Within the scope of a tipping prevention, the regulator basically fulfills two tasks. On the one hand, it converts the values Si1j or SM or SR, determined in block 206, into the corresponding signals ST1u, which are supplied to the control logic 209 as the values ST1, and based on which braking torques and/or driving torques are produced and/or changed and/or retarder actions are executed on the wheels, in order to reduce the vehicle speed to a preset speed value, or to maintain it at the preset speed value. In the above description, the block 208 also provides the values Ri1j.

Several procedures are feasible for the output of the values ST1g or ST1u as variables ST1. If the regulator 208 only produces the values ST1g, the outputted values ST1 are identical to these values ST1g. If the regulator (control unit) 208 generates the values ST1g as well as the values ST1u, either the values ST1u can be outputted instead of the values ST1g, or the values ST1u are superimposed on the values ST1g.

In order to stabilize a vehicle on the verge of tipping over, a longitudinal vehicle axis or avoid the danger of it tipping over, according to the invention, in appropriate brake actions, all the wheels of the vehicle are uniformly braked and/or the torque released by the engine is reduced through corresponding engine actions, and/or a

retarded action is carried out. As an alternative to a uniform braking of all the wheels, it is also possible, through the corresponding brake interventions, to brake the wheels of the vehicle in such a way that at least the rear wheel on the inside of the curve is braked less than the other wheels of the vehicle and/or not braked at all. This offers the chapter advantages described in the "*Advantages of the Invention*".

The term "uniform" used to with reference to the brake intervention will be explained now. By "uniform braking" is understood that the same brake pressure is supplied for all the wheels. Thereby, the brake pressure on the wheels can be increased until a wheel reaches the blocking threshold. The brake pressure is not increased any further for this wheel. The brake pressure can still be increased for the other wheels. In the event of an alternative braking, from the start a different, namely lower brake pressure is provided at least for the rear wheel on the inside of the curve.

In block 209, the control logic, the values ST1 produced by the regulator 208 are converted into control signals for the engine 210 and the vehicle actuators. A brake force can be produced at the corresponding wheels by means of the actuators 212i1j. To control the engine 210, the control logic produces a signal mot1, by means of which, for example, the throttle valve of the engine can be influenced. As an alternative, it is likewise possible to act upon the fuel injection volume supplied to the engine. To regulate the actuators 212i1j, in particular designed as brakes, the control logic 209 generates the signals Ai1j, by means of which the braking forces generated by the actuators 212i1j and exerted at the corresponding wheels, can be influenced. Furthermore, the control logic 209 produces the above-mentioned values ST2.

If the vehicle is provided with a retarder 211, the control logic can also generate a signal FR, which controls the retarder. It is also possible for the vehicle to be provided with chassis actuators to act upon the vehicle chassis.

The brake system used in figure 2 could be a hydraulic or a pneumatic or an electro-hydraulic or an electro-pneumatic or an electro-mechanical brake system.

The flow diagram of figure 3 shows the method according to the invention implemented in the device according to the invention.

The method according to the invention starts with step 301. The values  $a_q$  or  $a_{qgrenz}$  are determined in this step. Reference is now made to block 205 of figure 2, in which these values are determined. A step 302 follows the step 301. In step 302, the value  $a_q$  is compared with the characteristic value  $a_{qgrenz}$ . If in step 302 it is established that the value  $a_q$  is smaller than the characteristic value  $a_{qgrenz}$ , which means the vehicle is not in a cross-dynamically critical driving situation, step 301 is repeated after step 302. If, on the other hand, in step 302 it is established that the value  $a_q$  is greater than or equal to the value  $a_{qgrenz}$ , which means that the vehicle finds itself in a cross-dynamically critical situation, the step 303 is executed after step 302.

The value  $v_{fgrenz}$  is provided in step 303. Here too, reference is made to the description of block 205. A step 304 is executed after step 303.

In step 304, the value  $v_f$  describing the vehicle speed is compared with a preset speed value  $v_{fgrenz}$ . If in step 304 it is established that the value  $v_f$  is smaller than or equal to the value  $v_{fgrenz}$ , which means that the vehicle exhibits a speed at which there is no danger of overturning, step 301 is repeated at the conclusion of step 304. If, on the other hand, in step 304 it is established that the value  $v_f$  is greater than the value



vfgrenz, which means the vehicle exhibits a speed at which it is in dangers of overturning, a step 305 is executed after step 304.

The above-mentioned brake interventions and/or engine interventions and/or retarder actions for the reduction of the vehicle speed are conducted in step 305. The signals and/or the values  $Si1j$  or SM or SR produced in this connection in block 206, are not shown in figure 3. The step 301 is repeated after the step 305. Since the vehicle is decelerated with each brake intervention and/or engine intervention and/or retarder action, and thus the cross acceleration  $a_q$  of the vehicle is reduced, in step 301 the cross acceleration is re-determined and subsequently it is verified in step 302 whether the cross-dynamically critical vehicle condition still exists. A reduction of the vehicle speed is attained by running through steps 301 to 305 several times.

An alternative configuration consists in that, after step 305, one goes back to step 304 rather than to step 301. Thereby the vehicle speed is reduced as long as the inquiry occurring in step 304 is fulfilled and the vehicle is not in danger of tipping over.

In conclusion it may be emphasized that the type of implementation example selected in the description and the representation shown in the figures should not have a limiting effect on the main idea of the invention.

## **PATENT CLAIMS**

1. Method of stabilizing a vehicle, especially to prevent the vehicle from tipping over a longitudinal vehicle axis by which a value (aq) describing the vehicle's cross dynamics is determined, by which at least one characteristic value (aqgrenz), in particular a threshold value for the value describing the vehicle's cross dynamics is compared, characterized in that in cases when the value describing the vehicle's cross dynamics is greater than or equal to the characteristic value, the vehicle speed is reduced to a preset speed value (vfgrenz) or maintained at a preset speed value by means of brake interventions (Sixi) on at least one wheel, and/or through engine interventions (SM), and/or retarder actions (SR).
2. Method as per claim 1, characterized in that the value describing the vehicle's cross dynamics, here a value describing the vehicle's cross acceleration is used here, is determined at least as a function of one value (vf) describing the vehicle speed.
3. Method as per claim 2, characterized in that the value describing the vehicle's cross dynamics is further determined as a function of a value (omega) describing the vehicle's yaw rate.
4. Method as per claim 4, characterized in that the value describing the vehicle's yaw rate is determined at least as a function of the value describing the vehicle speed and a value (delta) describing the steering angle of the vehicle.
5. Method as per claim 1, characterized in that:
  - the characteristic value is a preset value, or a value determined for a given vehicle condition, and/or

- as characteristic value is used the value describing the vehicle's cross dynamics still permitted without the vehicle becoming unstable upon reaching it.
6. Method as per claim 1, characterized in that the characteristic value is determined at least as a function of a value ( $R_{ixj}$ ) describing the wheel load of at least one wheel, in particular the contact force of a value describing this wheel is used as the value describing the wheel load.
  7. Method as per claim 6, characterized in that the characteristic value is determined as a function of the value describing the wheel load of at least one wheel on the inside of the curve; or that a value describing the vehicle mass is determined as a function of the values describing the wheel loads, and the characteristic value is read from a characteristic map by means of the value describing the vehicle mass.
  8. Method as per claim 1, characterized in that the preset speed value ( $v_{fgrenz}$ ) is a pre-determinable value; or that the value to be set is determined at least as a function of the characteristic value and/or a value ( $\omega$ ) describing the yaw rate of the vehicle; or that the value to be set is determined by means of a characteristic map.
  9. Method as per claim 1, characterized in that the brake interventions and/or the engine interventions and/or the retarder actions are performed as long as the speed value to be set is lower than a value ( $v_f$ ) describing the vehicle speed.
  10. Method as per claim 1, characterized in that all the vehicle wheels can be uniformly braked through appropriate brake interventions, whereby at least the

rear wheel on the inside of the curve is braked less than the other wheels of the vehicle and/or not braked at all; and/or that the torque released by the engine is reduced through appropriate engine interventions.

11. Method as per claim 1, characterized in that the characteristic value is slightly reduced, whereby the value describing the vehicle's cross dynamics is compared with the reduced characteristic value, whereby for the case in which the value describing the vehicle's cross dynamics is greater than the reduced characteristic value, the vehicle speed is reduced to a value to be set at least through brake interventions on at least one wheel and/or engine interventions and/or retarder actions.
12. Device for the stabilization of a vehicle, in particular for preventing a vehicle from tipping over a longitudinal vehicle axis, which contains elements (205) by means of which the value describing the vehicle's cross dynamics is determined, and, further, by means of which the value describing the vehicle's cross dynamics is compared with a characteristic value, in particular a threshold value for the value describing the vehicle's cross dynamics, characterized in that for the case in which it is established that the value describing the vehicle's cross dynamics is greater than or equal to the characteristic value, the vehicle speed is reduced to a preset speed value or maintained at a preset value at least through brake interventions on at least one wheel and/or by engine interventions and/or retarder actions.

**FIGURE 3**

- 1    make vfgrenz available
- 2    determine.....
- 3    brake interventions and/or engine interventions and/or retarder  
     actions